

## 明細書

## 処理装置及び処理方法

## 技術分野

本発明は、被処理体表面に形成された酸化膜を除去する処理装置及び処理方法に関する。

## 背景技術

従来、ウェハ形成された微細なホール内の自然酸化膜を有効に除去する方法としては、例えば、以下のような表面処理方法がある。

まず、N<sub>2</sub>ガスとH<sub>2</sub>ガスの混合ガスをプラズマにより活性化して活性ガス種を形成し、この活性ガス種のダウンフローにNF<sub>3</sub>ガスを添加してNF<sub>3</sub>ガスを活性化する。このNF<sub>3</sub>ガスの活性ガス種をウェハの表面の自然酸化膜と反応させて生成膜を形成し、その後ウェハを所定の温度に加熱することにより前記生成膜を昇華させて除去する。

このような方法に使用される装置としては、内部にウェハを収納する処理容器と、NF<sub>3</sub>ガスの活性ガス種を生成するNF<sub>3</sub>活性ガス種生成装置と、ウェハを加熱するために処理容器の外部に設けられた加熱手段と、この加熱手段と前記被処理体との間に設けられ、加熱手段からの熱エネルギーを透過する透過窓とを備えた処理装置が知られている。そして、ウェハの表面に形成された自然酸化膜に、NF<sub>3</sub>ガスの活性ガス種を低温で反応させて生成膜を形成し、この生成膜を加熱手段によって所定の温度に加熱して昇華させ、前記自然酸化膜を除去するようになっている。

しかしながら、上記処理装置にあっては、被処理ウェハの加熱処理後に、新たな被処理ウェハを処理容器に導入して低温処理を行おうとすると、前回の加熱処理時の熱が透過窓に蓄積されており、この透過窓からの熱放射によってウェハが加熱されてしまう。このため、透過窓が所定の温度まで冷却されるのを待たねばならず、処理能率が著しく低下するという問題点があった。

## 発明の開示

本発明は、上記課題を解決するために成されたものであって、透過窓に残存している加熱処理時の熱によって被処理体の温度が上昇するのを防止し、これによって、連続的に被処理体を処理できる処理装置及び処理方法を提供することを目的としている。

請求の範囲第1項に記載の発明は、被処理体の表面に形成された酸化膜を除去するための処理装置であって、被処理体を収納する処理容器と、活性ガス種を生成する活性ガス種生成装置と、処理容器の外部に設けられ被処理体を加熱する加熱手段と、この加熱手段と被処理体との間の処理容器に設けられた透過窓であつて、処理容器の内外を気密に遮蔽するとともに加熱手段からの加熱用のエネルギーを透過する透過窓と、被処理体と透過窓との間に挿抜可能に設けられた遮蔽板とを備え、遮蔽板を閉状態にして透過窓からの放射熱を遮断した状態で、被処理体の表面に形成された酸化膜に、活性ガス種を低温状態で反応させて生成膜を形成し、その後、遮蔽板を開状態にして、加熱手段からの放射熱を透過窓を通して生成膜に加え、所定の温度に加熱して気化させ、生成膜を除去することを特徴とする。

請求の範囲第2項に記載の発明は、被処理体の表面に形成された酸化膜を除去するための処理装置であって、活性ガス種を生成する活性ガス種生成装置とを有し、被処理体の表面に形成された酸化膜に、活性ガス種を低温状態で反応させて生成膜を形成する第1の処理室と、被処理体を加熱する加熱手段を有し、この加熱手段で被処理体の表面に形成された生成膜を所定の温度に加熱して気化させ、生成膜を除去する第2の処理室と、これら第1の処理室と第2の処理室との間に被処理体を搬送する搬送手段と、を備えたことを特徴とする。

請求の範囲第3項に記載の発明は、活性ガス種は、N F 3ガスの活性ガス種であることを特徴とする。

請求の範囲第4項に記載の発明は、遮蔽板には、この遮蔽板を冷却する冷却手段が設けられていることを特徴とする。

請求の範囲第5項に記載の発明は、搬送手段は、第1の処理室と第2の処理室に接続されるとともに内部が非反応性雰囲気になされた搬送室内に設けられていく。

ることを特徴とする。

請求の範囲第6項に記載の発明は、活性ガス種生成装置は、プラズマ形成部を有するプラズマ形成管と、このプラズマ形成管内にN<sub>2</sub>ガスとH<sub>2</sub>ガスを供給するプラズマガス導入部と、プラズマ形成管内からダウンフローする活性ガス種にN<sub>F</sub>3ガスを添加するN<sub>F</sub>3ガス供給部とを備えていることを特徴とする。

請求の範囲第7項に記載の発明は、プラズマ形成部は、マイクロ波を発生するマイクロ波発生源と、発生したマイクロ波をプラズマ形成管内へ導入する導波管とよりなることを特徴とする。

請求の範囲第8項に記載の発明は、被処理体を収納する処理容器と、この処理容器の外部に設けられ被処理体を加熱する加熱手段と、この加熱手段と被処理体との間の処理容器に設けられた透過窓と、被処理体と透過窓との間に挿抜可能に設けられた遮蔽板とを有する処理装置を用いて、被処理体の表面に形成された酸化膜を除去するための処理方法であって、遮蔽板を閉状態にして透過窓からの放射熱を遮断した状態で、被処理体の表面に形成された酸化膜に、活性ガス種を低温状態で反応させて生成膜を形成し、その後、遮蔽板を開状態にして、加熱手段からの放射熱を透過窓を通して生成膜に加え、所定の温度に加熱して気化させ、生成膜を除去することを特徴とする。

請求の範囲第9項に記載の発明は、被処理体の表面に形成された酸化膜を除去する処理方法であって、第1の処理室において、被処理体の表面に形成された酸化膜に活性ガス種を低温状態で反応させて生成膜を形成する工程と、生成膜が形成された被処理体を前記第1の処理室から第2の処理室へ搬送する工程と、第2の処理室において、被処理体の表面に形成された生成膜を所定の温度に加熱して気化させ、生成膜を除去する工程とを有することを特徴とする。

#### 図面の簡単な説明

図1は、本発明の第1の実施の形態の処理装置を示す構成図である。

図2は、図1に示す処理装置の可動シャッタを示すI—I—I—I線に沿う概略平面図である。

図3は、図2中I—I—I—I線に沿う概略断面図である。

図4は、可動シャッタの他の例を示す概略平面図である。

図5は、本発明の第2の実施の形態の処理装置を示す構成図である。

#### 発明を実施するための最良の形態

以下、本発明に係る処理装置を実施するための最良の形態を図面を参照して説明する。

図1ないし図3は、処理装置の第1の実施の形態を示す構成図である。図1において、この処理装置12は、N<sub>2</sub>ガスとH<sub>2</sub>ガスの混合ガスをプラズマにより活性化するプラズマ形成管14と、被処理体である半導体ウェハWに対して、酸化膜、特に自然酸化膜（大気中の酸素や洗浄液等との接触により意図しないで形成された酸化膜）を除去するための所定の表面処理を行なう処理容器16とを有している。

この処理容器16は、アルミニウムにより円筒体状に成形されており、この処理容器16内には、上下動可能な支持部材18により支持された石英製の載置台20が設けられている。処理容器16の底部の周縁部には、排気口22が設けられ、処理容器16内を真空引き可能としている。また、載置台20の下方の処理容器16底部には照射口26が形成されており、この照射口26には、石英製の透過窓28が気密に設けられている。この透過窓28の下方には、上記載置台20を下面側から加熱するためのハロゲンランプ等よりなる多数の加熱ランプ36が設けられており、この加熱ランプ36から放出される加熱用の光線が透過窓28を透過してウェハWの裏面に入射するようになっている。

一方、プラズマ形成管14は、例えば石英により管状に成形されており、上記処理容器16の天井部に開口するとともに、この処理容器16に起立させた状態で気密に取り付けられている。このプラズマ形成管14の上端には、この管内にN<sub>2</sub>ガスとH<sub>2</sub>ガスよりなるプラズマガスを導入するプラズマガス導入部44が設けられる。このプラズマ導入部44は、プラズマ形成管14内に挿通された導入ノズル46を有しており、この導入ノズル46にはガス通路48が連結されている。このガス通路48には、それぞれマスフローコントローラのごとき流量制御器50を介してN<sub>2</sub>ガスを充填したN<sub>2</sub>ガス源52及びH<sub>2</sub>ガスを充填し

たH<sub>2</sub>ガス源54がそれぞれ接続されている。

また、上記導入ノズル46の真下には、プラズマ形成部56が設けられている。このプラズマ形成部56は、2.45GHzのマイクロ波を発生するマイクロ波発生源58と、上記プラズマ形成管14に設けた例えはエベンソン型の導波管等のマイクロ波供給器60よりなり、上記マイクロ波発生源58で発生したマイクロ波を矩形導波管62を介して上記マイクロ波供給器60へ供給するようになっている。そして、この供給されたマイクロ波によりプラズマ形成管14内にプラズマを立て、H<sub>2</sub>ガスとN<sub>2</sub>ガスの混合ガスを活性化し、このダウンフローを形成し得るようになっている。

上記プラズマ形成管14の下端部である流出口64には、これに連通させて、下方向へ傘状に広がった石英製の覆い部材66が設けられており、載置台20の上方を覆ってガスを効率的にウェハW上に流下させるようになっている。そして、この流出口64の直下には、NF3ガスを供給するためのNF3ガス供給部68が設けられる。このNF3ガス供給部68は、石英製のリング状のシャワーヘッド70を有し、このシャワーヘッド70には多数のガス孔72が形成されている。このシャワーヘッド70は、連通管74、ガス通路76、流量制御器78を介してNF3ガスを充填するNF3ガス源80に接続されている。

このような構成において、載置台20と透過窓28との間には、可動シャッタ101が設けられている。この可動シャッタ101は、図2及び図3に示すようなものであって、透過窓28を覆うように回動可能に配設された遮蔽板103を有している、この遮蔽板103には、この遮蔽板103を回動させる回動軸105が設けられ、この回動軸105は、処理容器16の外壁107を貫通して配設されている。この回動軸105と外壁107との間には、この回動軸105と外壁107との間を回動自在かつ気密に保持する磁性流体シール109が設けられている。この回動軸105には、軸側ギア111が設けられており、この軸側ギア111には、モータ側ギア113を介して駆動モータ115が設けられている。

そして、駆動モータ115を作動させることによって、軸側ギア111とモータ側ギア113を介して遮蔽板103を回動させ、図2に示すような開位置と図3に示すような閉位置に位置せしめることができるようになっている。

また、遮蔽板103および回動軸105の内部には冷媒通路117が形成されている。この冷媒通路117は、回動軸105の下端部から処理容器16の外部に伸び、処理容器16外部に設けられた冷媒循環手段119に接続されている。そして、この冷媒循環手段119によって冷媒通路117に水等の冷媒を流すことによって、遮蔽板103を冷却するようになっている。このようにすることにより、透過窓28からの輻射熱が遮蔽板103に到達し遮蔽板103の温度が上昇するのを防止することができ、したがって遮蔽板103からの輻射熱がウエハWに到達し、ウエハの温度が上昇するのを防止することができる。

一方、図4は、他の可動シャッタ121の例を示す図である。この可動シャッタ121は、透過窓28をおおう遮蔽板123を有している。この遮蔽板123には、2つの駆動軸125、125が接続されており、この駆動軸125、125の他端には、油圧シリンダ127のピストンロッドが連結されている。また、駆動軸125が処理容器16の外壁を129を貫通する部分には、この駆動軸125と外壁129との間に磁性流体シール131が設けられており、駆動軸125と外壁129との間を気密に維持しつつ駆動軸を外壁に対して移動できるようになっている。そして、油圧シリンダ127を作動させることによって、遮蔽板123を、開位置と閉位置に位置せしめることができるようになっている。

この場合においても、図3に示す場合と同様に、遮蔽板123および駆動軸125の内部に冷媒通路を形成し、処理容器16の外部に位置する冷媒通路の端部に、処理容器16の外部に設けた冷媒循環手段を接続して、遮蔽板123を冷却可能に構成することもできる。このようすれば、遮蔽板123からの輻射熱によるウエハWの温度上昇を抑制することができる。

次に、以上のように構成された装置を用いて行なわれる自然酸化膜の除去方法について説明する。まず、被処理体である半導体ウエハWを、図示しないゲートバルブを介して処理容器16内に導入し、これを載置台20上に載置する。このウエハWには、例えば前段階でコンタクトホール等が形成されており、その底部の表面に自然酸化膜が発生している。

ウエハWを処理容器16内に搬入したならば、処理容器16内を密閉し、内部を真空引きする。そして、N<sub>2</sub>ガス源52及びH<sub>2</sub>ガス源54よりN<sub>2</sub>ガス及

びH<sub>2</sub>ガスをそれぞれ、所定の流量でプラズマガス導入部44よりプラズマ形成管14内へ導入する。これと同時に、マイクロ波形成部56のマイクロ波発生源58より2.45GHzのマイクロ波を発生し、これをマイクロ波供給器60へ導いて、これよりプラズマ形成管14内へ導入する。これにより、N<sub>2</sub>ガスとH<sub>2</sub>ガスはマイクロ波によりプラズマ化されると共に活性化され、活性ガス種が形成される。この活性ガス種は処理容器16内の真空引きによりダウンフローを形成してプラズマ形成管14内を流出口64に向けて流下することになる。

一方、NF<sub>3</sub>ガス供給部68のリング状のシャワーヘッド70からは、NF<sub>3</sub>ガス源80より供給されたNF<sub>3</sub>ガスがN<sub>2</sub>ガスとH<sub>2</sub>ガスよりなる混合ガスのダウンフローの活性ガス種に添加される。この結果、添加されたNF<sub>3</sub>ガスもダウンフローの活性ガス種により活性化されることになる。このようにNF<sub>3</sub>ガスも活性ガス化され、上記したダウンフローの活性ガス種と相まってウエハWの表面の自然酸化膜と反応し、Si、N、H、Fの混合した生成膜を形成することになる。

この処理は低温で反応が促進されるため、この処理中はウエハWは加熱されではなく、室温の状態で生成膜を形成する。

ここで、この処理中は、可動シャッタ103は閉状態になされている。これは、前回の加熱処理中に加熱された透過窓28からの輻射熱がウエハWに到達し、ウェハの温度が上昇するのを防止するためである。

この時のプロセス条件は、ガスの流量に関しては、H<sub>2</sub>、NF<sub>3</sub>、N<sub>2</sub>が、それぞれ10sccm、150scm、1400scmである。プロセス圧力は4Torr、プラズマ電力は400W、プロセス時間は1分である。このようにして、ウエハ表面に自然酸化膜と反応した生成膜を形成する。この場合、載置台20の上方は、傘状の覆い部材66により覆われているのでダウンフローの活性ガス種の分散が抑制されて、これが効率的にウエハ面上に流下し、効率的に生成膜を形成することができる。

このように生成膜の形成が完了したならば、H<sub>2</sub>、NF<sub>3</sub>、N<sub>2</sub>のそれぞれのガスの供給を停止すると共に、マイクロ波発生源58の駆動も停止し、処理容器16内を真空引きして残留ガスを排除する。その後、可動シャッタ103を開状

態に位置せしめ、加熱ランプ36を点灯させてウエハWを所定の温度、例えば100°C以上に加熱する。この加熱により、上記生成膜は昇華（気化）する。これにより、ウエハWの自然酸化膜が除去されてウエハ表面にSi面が現れることになる。この時のプロセス条件は、プロセス圧力が1mTorr以下、プロセス時間は2分程度である。

以上説明したように、この処理装置にあっては、ウェハWと透過窓28との間に、挿抜可能な可動シャッタ101を設けているから、活性化されたNF3ガスがウェハ表面の自然酸化膜と反応し、Si、N、H、Fの混合した生成膜を形成する、いわゆる低温処理時に、前回の加熱処理時に加熱された透過窓28からの輻射熱によって、ウェハWが加熱されるのを防止することができる。このため、複数のウェハについて、低温処理と加熱処理を順次繰り返し行う場合に、低温処理中に前回の加熱処理による輻射熱でウェハ加熱されてしまうことを防止することができる。従って、低温処理と加熱処理とを連続的に間隔を置くことなく行うことができ、酸化膜除去作業を効率良く行うことができる。

また、この処理装置の可動シャッタにあっては、処理容器外に配設されたモータ115と処理容器内の遮蔽板103とを磁性流体シール109でシールされた回転軸105で連結しているから、駆動源を処理容器内に設ける必要がなく、従って処理容器を小型にするとともに、汚染を防止することができる。このような作用効果は、図4に示す往復動型の可動シャッタ121においても同様に奏する。

図5は、本発明の第2の実施の形態を示すものである。この処理装置201は、低温処理室と加熱処理室をそれぞれ別に備えていることを特徴としている。この処理装置201は、中央部に搬送室203を有している。この搬送室203には、ウェハ搬送用の搬送装置が設けられている。この搬送室203の内部は、非反応性雰囲気、例えば真空になされており、ウェハWの搬送中に、ウェハWに自然酸化膜が発生することを抑制することができる。この搬送室203には、被処理ウェハを搬送室203内に搬入するためのロードロック室205が設けられている。

一方、前記搬送室203のロードロック室205と反対の側には、2つの低温処理室207、207がそれぞれ設けられている。この低温処理室207は、図

1に示す処理装置12から可動シャッタ101と加熱ランプ36を取り除いたものである。この場合、処理容器16の底部が気密に塞がれる必要はあるが、処理容器16の底部を塞ぐための部材が、図1の場合の透過窓28のように光透過性を有する必要はない。従って、図1の場合の透過窓28に代えて、例えばアルミニウム板で処理容器16の底部を塞ぐようにしてもよい。この低温処理室207では、活性化されたN F<sub>3</sub>ガスがウェハ表面の自然酸化膜と反応し、S i、N、H、Fの混合した生成膜を形成する。

また、搬送室203には、加熱室209が設けられている。この加熱室209の内部には、加熱手段、例えば公知の抵抗加熱式ステージヒータが設けられ、このステージヒータによりウエハWを加熱することができる。この加熱室209では、低温処理後のウエハWを所定の温度、例えば100°C以上に加熱し、この加熱により上記生成膜は昇華（気化）する。これにより、ウエハWの自然酸化膜が除去される。

さらに、搬送室203には、冷却室211が設けられている。この冷却室211は、加熱処理後のウェハを冷却するためのものである。処理後のウェハは、樹脂製のカセットに収納されて搬出されることになっているが、ウェハが高温のままだと樹脂製カセットを痛めるおそれがある。このため、カセットへ収納する前にウェハを冷却するようにしている。

このような処理装置201において、自然酸化膜が表面に形成された被処理ウェハは、ロードロック室205から搬送室203へ搬入される。ついで、このウェハは、低温処理室207に搬送され、ここにおいていわゆる低温処理を施される。ここで、この処理装置201にあっては、低温処理室207に対して加熱室209は別に設けられているから、前回の加熱処理中の熱が残存して低温処理に悪影響を及ぼすのを防止することができる。その後、被処理ウェハは加熱室209に送られる。ここで、低温処理後のウェハWを所定の温度、例えば100°C以上に加熱し、この加熱により上記生成膜は昇華（気化）する。これにより、ウェハWの自然酸化膜が除去される。その後、この加熱されたウェハは、冷却室211に送られる。ウェハは、ここで冷却されてから、カセットに収納されて搬出される。従って、高温のままのウェハが樹脂製カセットを痛めるおそれを防止する

ことができる。

以上説明したように、この処理装置201にあっては、低温処理室207と加熱処理室209がそれぞれ別に設けられているから、活性化されたN F 3ガスがウェハ表面の自然酸化膜と反応し、S i、N、H、Fの混合した生成膜を形成する、いわゆる低温処理時に、加熱処理の影響によってウェハが加熱されるのを防止することができる。従って、低温処理と加熱処理とを連続的に間隔を置くことなく行うことができ、従って酸化膜除去作業を効率良く行うことができる。

本発明にあっては、被処理体と透過窓との間に挿抜可能に遮蔽板を設けている。従って、遮蔽板を閉状態にして透過窓からの放射熱を遮断し、低温状態で酸化膜に活性ガス種を反応させることができる。また、本発明にあっては、酸化膜に活性ガス種を反応させる低温処理とその後の加熱処理とを別の室で行っている。従って、低温処理と加熱処理とを連続して行うことができ、酸化膜除去作業を効率的に行うことができる。

00000000  
00000000

## 請求の範囲

1. 被処理体の表面に形成された酸化膜を除去するための処理装置であって、被処理体を収納する処理容器と、活性ガス種を生成する活性ガス種生成装置と、前記処理容器の外部に設けられ前記被処理体を加熱する加熱手段と、この加熱手段と前記被処理体との間の前記処理容器に設けられた透過窓であつて、前記処理容器の内外を気密に遮蔽するとともに前記加熱手段からの加熱用のエネルギーを透過する透過窓と、前記被処理体と前記透過窓との間に挿抜可能に設けられた遮蔽板とを備え、前記遮蔽板を閉状態にして前記透過窓からの放射熱を遮断した状態で、被処理体の表面に形成された酸化膜に、前記活性ガス種を低温状態で反応させて生成膜を形成し、その後、前記遮蔽板を開状態にして、前記加熱手段からの放射熱を前記透過窓を通して前記生成膜に加え、所定の温度に加熱して気化させ、前記生成膜を除去する処理装置。
2. 被処理体の表面に形成された酸化膜を除去するための処理装置であって、活性ガス種を生成する活性ガス種生成装置を有し、被処理体の表面に形成された酸化膜に、前記活性ガス種を低温状態で反応させて生成膜を形成する第1の処理室と、前記被処理体を加熱する加熱手段を有し、この加熱手段で前記被処理体の表面に形成された生成膜を所定の温度に加熱して気化させ、前記生成膜を除去する第2の処理室と、これら第1の処理室と第2の処理室との間で前記被処理体を搬送する搬送手段と、を備えた処理装置。
3. 前記活性ガス種は、N F 3 ガスの活性ガス種である請求の範囲第1項又

は第 2 項のいずれかに記載の処理装置。

4. 前記遮蔽板には、この遮蔽板を冷却する冷却手段が設けられている請求の範囲第 1 項に記載の処理装置。

5. 前記搬送手段は、前記第 1 の処理室と前記第 2 の処理室に接続されるとともに内部が非反応性雰囲気になされた搬送室内に設けられている請求の範囲第 2 項に記載の処理装置。

6. 前記活性ガス種生成装置は、プラズマ形成部を有するプラズマ形成管と、このプラズマ形成管内に N<sub>2</sub> ガスと H<sub>2</sub> ガスを供給するプラズマガス導入部と、前記プラズマ形成管内からダウンフローする活性ガス種に N<sub>F</sub>3 ガスを添加する N<sub>F</sub>3 ガス供給部とを備えている請求の範囲第 1 項又は第 2 項に記載の処理装置。

7. 前記プラズマ形成部は、マイクロ波を発生するマイクロ波発生源と、発生したマイクロ波を前記プラズマ形成管内へ導入する導波管とよりなる請求の範囲第 6 項に記載の処理装置。

8. 被処理体を収納する処理容器と、この処理容器の外部に設けられ前記被処理体を加熱する加熱手段と、この加熱手段と前記被処理体との間の前記処理容器に設けられた透過窓と、前記被処理体と前記透過窓との間に挿抜可能に設けられた遮蔽板とを有する処理装置を用いて、被処理体の表面に形成された酸化膜を除去するための処理方法であって、

前記遮蔽板を閉状態にして前記透過窓からの放射熱を遮断した状態で、前記被処理体の表面に形成された酸化膜に、活性ガス種を低温状態で反応させて生成膜を形成し、

その後、前記遮蔽板を開状態にして、前記加熱手段からの放射熱を前記透過窓を通して前記生成膜に加え、所定の温度に加熱して気化させ、前記生成膜を除去

する処理方法。

9. 被処理体の表面に形成された酸化膜を除去する処理方法であって、  
第1の処理室において、被処理体の表面に形成された酸化膜に活性ガス種を低  
温状態で反応させて生成膜を形成する工程と、  
前記生成膜が形成された被処理体を前記第1の処理室から第2の処理室へ搬送  
する工程と、  
前記第2の処理室において、前記被処理体の表面に形成された前記生成膜を所  
定の温度に加熱して気化させ、前記生成膜を除去する工程と、  
を具備する処理方法。

0062260-000265

## 要 約 書

活性ガス種を被処理体の酸化膜に反応させて生成膜を形成する低温工程と、被処理体を所定の温度に加熱することにより生成膜を気化させる加熱工程とを交互に連続して行うことができる処理装置及び処理方法を提供する。この処理装置12は、被処理体Wと透過窓28との間に挿抜可能な遮蔽板103を設け、遮蔽板103を閉状態にして透過窓28からの放射熱を遮断した状態で、被処理体の表面に形成された自然酸化膜に、N F 3ガスの活性ガス種を低温状態で反応させて生成膜を形成し、その後、遮蔽板103を開状態にして、加熱ランプ36からの放射熱を透過窓28を通して生成膜に加え、自然酸化膜を除去するようにしている。また、低温で自然酸化膜にN F 3を反応させる低温処理室207と生成膜を加熱する加熱室209とを別々に有している。